

DETERMINAREA COEFICIENTULUI DE COMPRESIBILITATE ȘI A MODULULUI DE ELASTICITATE PENTRU LICHIDE

2.1 Considerații teoretice

Una dintre caracteristicile definitorii ale fluidelor este capacitatea acestora de a suferi modificări ale volumului atunci când, datorită modificării condițiilor exterioare, apar variații ale presiunii sau ale temperaturii.

Compresibilitatea este proprietatea fluidelor care constă în reducerea volumului acestora determinată de creșterea presiunii.

Din punct de vedere al proprietății de compresibilitate, diferența dintre lichide și gaze este una semnificativă. Astfel, datorită structurii moleculare diferite, la aceeași variație a presiunii, reducerea de volum suferită de un gaz este mult mai importantă decât cea suferită de un lichid.

Aprecierea cantitativă a compresibilității unui lichid se face pe baza coeficientului de compresibilitate izotermă β .

Pentru definirea coeficientului de compresibilitate izotermă se pornește de la constatarea experimentală a faptului că în cazul lichidelor supuse unei transformări izoterme (efectuată la temperatură constantă), modificarea de volum ΔV este proporțională cu variația de presiune Δp care determină această modificare precum și cu volumul inițial al lichidului V_0 .

Astfel, ținând cont de această constatare și în conformitate cu notațiile din Figura 1 – în care sunt prezentați parametrii care caracterizează starea inițială (a) și starea finală (b) a unei mase de lichid supusă comprimării izoterme în interiorul unui cilindru cu piston – coeficientul de compresibilitate izotermă se definește prin relația:

$$\beta = -\frac{1}{\Delta p} \cdot \frac{\Delta V}{V_0} \quad (2.1)$$

unde:

V_0 - reprezintă volumul ocupat de lichid în starea inițială;

$\Delta V = V - V_0$ - reprezintă variația de volum, adică cu cât s-a micșorat volumul pe care îl are la dispoziție lichidul ca urmare a deplasării cu ΔL a pistonului după ce asupra acestuia s-a acționat cu o forță F ;

$\Delta p = p - p_0$ - reprezintă creșterea presiunii din cilindru ca urmare a comprimării lichidului sub acțiunea forței F ;

Prin introducerea în relația de mai sus a semnului “-” având semnificația faptului că la temperatură constantă, unei creșteri de presiune ($\Delta p > 0$) îi corespunde o scădere cu ($\Delta V < 0$) a volumului inițial V_0 , valorile coeficientului de compresibilitate izotermă β vor fi întotdeauna pozitive.

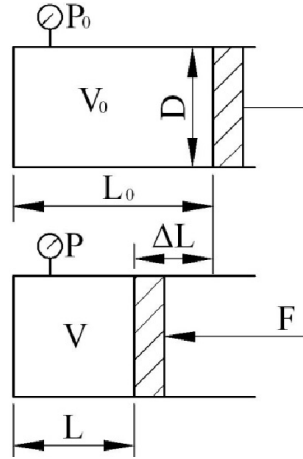


Figura 2.1 Comprimarea izotermă a unui lichid

Dacă forța F care a comprimat masa de lichid conținută în cilindrul cu piston își încetează acțiunea, volumul lichidului revine la valoarea volumului inițial, ceea ce arată că lichidele sunt nu doar compresibile ci și elastice.

Aprecierea cantitativă a elasticității unui lichid se face pe baza modulului de elasticitate a lichidului ε , definit prin relația:

$$\varepsilon = \frac{1}{\beta} \quad (2.2)$$

Dacă în relația (1) diferențele finite Δ sunt înlocuite cu diferențiale, se obține relația:

$$\beta = \frac{1}{dp} \cdot \frac{dV}{V} \quad (2.3)$$

Unde: dp - reprezintă creșterea elementară a presiunii necesară pentru a determina o reducere elementară dV a volumului V , la o temperatură dată.

Coeficientul de compresibilitate izotermă are dimensiunea:

$$[\beta] = \left[\frac{dV}{V} \right] \cdot \frac{1}{[dp]} = \frac{[A]}{[F]} = \frac{L^2}{LMT^{-2}} = LM^{-1}T^2 \quad (2.4)$$

și unitățile de măsură: $\langle \beta \rangle_{SI} = \frac{m^2}{N}$ în Sistemul Internațional

$$\langle \beta \rangle_{CGS} = \frac{cm^2}{dyn} \text{ în sistemul CGS.}$$

Modulul de elasticitate are dimensiunea:

$$[\varepsilon] = \frac{1}{[\beta]} = [dp] \cdot \left[\frac{V}{dV} \right] = \frac{[F]}{[A]} = \frac{L^2}{LMT^{-2}} = L^{-1}MT^{-2} \quad (2.5)$$

si unitatile de masura: $\langle \varepsilon \rangle_{SI} = \frac{N}{m^2}$ in Sistemul International

$\langle \varepsilon \rangle_{CGS} = \frac{dyn}{cm^2}$ in Sistemul CGS

Valorile coeficientului de compresibilitate izoterma, respectiv ale modulului de elasticitate difera de la un lichid la altul, β si ε fiind marimi fizice caracteristice fiecarui lichid.

Relatia (2.1) de definitie a coeficientului de compresibilitate reliefeaza si principiul pe baza caruia este posibila determinarea experimentală a valorii acestui coeficient pentru un lichid. Astfel, instalatia experimentală trebuie sa ofere posibilitatea măsurării reducerilor de volum ΔV corespunzătoare unor creșteri Δp ale presiunii.

2.2 Obiectivele lucrării

- Prezentarea unei metode de determinare a coeficientului de compresibilitate a unui lichid si aplicarea acesteia in cazul comprimării unui ulei hidraulic.
- Determinarea coeficientului de elasticitate al unui ulei hidraulic.

2.3 Metoda utilizată

Măsurarea variațiilor de presiune Δp_i si a variațiilor de volum ΔV_i determinate de acestea, in cazul unei mase de lichid supuse unei serii de i transformari izoterme succesive atunci cand lichidul este comprimat in cilindrii cu pereti rigizi ai unei pompe hidraulice cu piston.

Utilizarea relatiilor de calcul prezentate in partea de consideratii teoretice si a datelor rezultate in urma măsurătorilor efectuate, in vederea determinării coeficientului de compresibilitate β respectiv al celui de elasticitate ε al uleiului ca si medie aritmetica ale valorilor coeficientilor de compresibilitate β_i respectiv ale coeficientilor de elasticitate ε_i calculati pentru fiecare din cele i transformari (comprimari) succesive ale unei mase de ulei.

2.4 Descrierea aparaturii

Pentru determinarea coeficientului de compresibilitate β a uleiului hidraulic, se folosește o pompa hidraulica cu piston, actionata manual printr-un mecanism surub-piulita. In cazul pompei aflata in dotarea Laboratorului de Mecanica Fluidelor, lichidul poate fi comprimat pana la o presiune de 800 kgf/cm^2 .

Figura 2 permite identificarea elementelor componente ale acestei pompe.

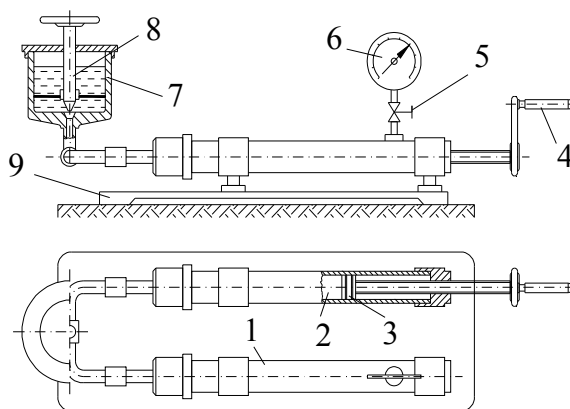


Figura 2.2. Instalatia experimentală pentru determinarea coeficientului de compresibilitate

Pompa se compune dintr-un corp cilindric 1, cu pereți groși și rigizi, în interiorul căruia are loc comprimarea lichidului. Comprimarea lichidului se realizează ca urmare a deplasării pistonului 3 în interiorul cilindrului 2 al pompei; prin intermediul pistonului se acționează asupra lichidului cu o forță exterioară de compresie F . Deplasarea pistonului, în sensul înaintării și retragerii, se obține printr-un șurub cu profil pătrat, pus în mișcare manual, prin rotirea manivelei 4. Articulația dintre tija filetată și piston este realizată astfel încât pistonul să aibă numai mișcare de translație nu și de rotație. Etansarea dintre piston și cilindru, se realizează cu un mansion din piele, sau un alt material special.

Pentru măsurarea presiunii lichidului, se folosește manometrul metalic 6, care se află montat pe cilindrul 1, între acestea aflându-se robinetul 5.

Pe conductele care leagă cei doi cilindri se află montat rezervorul 7, în care se introduce lichidul supus măsurătorilor. Alimentarea cu lichid a celor doi cilindri de lucru, este asigurată prin intermediul unui ventil cu ac 8.

Toate aceste organe componente ale preseii sunt montate pe un postament metalic, 9.

2.5 Modul de desfășurare a lucrării

Procesul de comprimare a uleiului în cilindrii instalației descrise mai sus se va desfășura în 5-6 etape succesive. Fiecare etapă reprezintă de fapt o transformare izotermă în care lichidul trece de la o stare caracterizată prin parametri (p_{i-1}, V_{i-1}) la o alta, caracterizată prin parametri (p_i, V_i) . Valoarea lui β se va stabili după o serie de 5-6 determinări ale valorilor acestor parametri, pentru presiuni variind în intervalul 0-500 at. În tabelul de măsurători, fiecărei etape i ($i = 1 \div 6$) îi corespunde o linie, în care sunt înregistrate valorile parametrilor ce caracterizează transformarea respectivă.

A. Pregătirea instalației experimentale în vederea efectuării măsurătorilor:

- se verifică dacă lichidul destinat încercărilor este introdus în rezervorul 7. În caz contrar, se închide ventilul 8, se ridică capacul rezervorului și se introduce lichid în rezervor, astfel încât o parte din înălțimea lui să rămână goală.

- se trece la alimentarea cu lichid a celor doi cilindri de lucru. În acest scop, se deplasează pistonul 3 înainte, până la refuz, după care se deschide ventilul 8 și robinetul 5. Prin rotirea manivelei 4, în sens invers acelor de ceasornic, pistonul se retrage în punctul posterior, iar lichidul din rezervorul 7, pătrunde și umple cei doi cilindri.

B. Efectuarea măsurătorilor și înregistrarea datelor:

Volumul interior al unui cilindru este $V_0=50 \text{ cm}^3$. Această valoare, care corespunde volumului pe care îl are la dispoziție lichidul în starea inițială, înainte de a se începe comprimarea sa, reprezintă volumul inițial.

Presiunea p_0 la care se află lichidul în starea inițială este indicată de manometrul 6. Valorile p_0 și V_0 ale celor doi parametri care caracterizează starea inițială a lichidului se trec în tabelul de măsurători în coloanele p_{i-1} respectiv V_{i-1} ale primei linii din tabel, corespunzătoare primei transformării izoterme $i=1$.

Comprimarea lichidului:

a. Pentru determinarea parametrilor aferenți primei transformări ($i=1$) se deschide ventilul 8, se acționează asupra manivelei 4, efectuându-se un număr de rotații n_1 , astfel încât la manometrul 6 să se poată citi o presiune p_1 . Se lasă instalația în această stare circa 2-3 minute.

Dacă presiunea p_1 rămâne constantă, măsurătoarea este corectă, trecându-se valoarea acesteia în coloana p_i a primei linii din tabel. În aceeași linie, în coloana n_i se va trece numărul de rotații ale manivelei n_1 .

Dacă presiunea nu se menține constantă, se verifică, în primul rând, închiderea robinetului 8. Ulterior măsurătoarea trebuie reluată.

b. Pentru determinarea parametrilor aferenți celei de a doua etape, ($i=2$), se imprimă manivelei, un număr de rotații n_2 , corespunzător cărora se va putea citi la manometrul 6, valoarea presiunii p_2 . Se așteaptă 2-3 minute și dacă valoarea presiunii p_2 rămâne constantă, se trec în linia a doua a tabelului datele citite.

c. Pentru determinarea parametrilor aferenți celorlalte etape ($i=3÷6$) se repetă operațiile descrise în pasul 3 a.

2.6 Prelucrarea rezultatelor

Pentru fiecare transformare izoterma i , se calculeaza:

➤ Variatia presiunii:
$$\Delta p_i = p_i - p_{i-1}$$

- Variatia de volum ΔV_i ca fiind volumul dizlocat prin deplasarea pe o distanta L_i a pistonului cu diametrul D :

$$\Delta V_i = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L_i = \frac{\pi D^2}{4} \cdot n_i \cdot h$$

unde n_i reprezinta numarul de rotatii ale manivelei la transformarea respectiva h_i reprezinta pasul filetului surubului. In cazul instalatiei utilizate $h_i = 2\text{mm}$ si $D = 2\text{cm}$

➤ Volumul final:
$$V_i = V_{i-1} - \Delta V_i$$

unde V_{i-1} reprezinta volumul ocupat de fluid inainte a face cele n_i rotatii ale manivelei aferente transformarii i .

- Coeficientul de compresibilitate β_i :

$$\beta_i = -\frac{1}{\Delta p_i} \cdot \frac{\Delta V_i}{V_{i-1}}$$

- Coeficientul de elasticitate ε_i :

$$\varepsilon_i = \frac{1}{\beta_i}$$

In final, coeficientul de compresibilitate izoterma β respectiv modulul de elasticitate ε al lichidului utilizat se determina ca medie aritmetica a valorilor β_i respectiv ε_i :

$$\beta = \frac{\sum \beta_i}{i} ; \quad \varepsilon = \frac{\sum \varepsilon_i}{i}$$

Tabel Măsurători și Rezultate

Marimi masurate				Marimi calculate							
Nr. transf. i	Nr. rotatii n _i	Pres.init. p _{i-1} [N/m ²]	Pres. fin. p _i [N/m ²]	Var. pres. Δp _i [N/m ²]	Var. vol. ΔV _i [m ³]	Vol. init. V _{i-1} [m ³]	Vol. fin. V _i [m ³]	β _i [m ² /N]	ε _i [N/m ²]	β [m ² /N]	ε [N/m ²]
1											
2											
3											
4											
5											
6											
Denumire Lichid:											